

УДК 669.017

Ф. В. Водолазский*, С. Л. Демаков, М. А. Шабанов

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

*f.v.vodolazskiy@urfu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ, ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И СВОЙСТВА СПЛАВА ВТИ-4

В данной работе проведено исследование структуры, фазового состава и твердости интерметаллидного сплава Ti–21Al–23Nb–1V (ат. %) при нагреве на температуры 920 и 940 °С с предварительным нагревом до температуры 1060 °С и 800 °С. Установлено, что фазовый состав представлен О- и β-фазой.

Ключевые слова: интерметаллидный сплав, Ti–21Al–23Nb, фазовый состав, структура, РСФА, охлаждение, β-фаза, α₂-фаза, Ti₂AlNb

F. V. Vodolazsky, S. L. Demakov, M. A. Shabanov

INFLUENCE OF HEAT TREATMENT REGIME ON STRUCTURE, PHASE COMPOSITION AND HARDNESS OF ALLOY VTI-4

In this work, we studied the structure, phase composition, and hardness of the Ti–21Al–25Nb–1V intermetallic alloy (at. %) When heated to temperatures of 920 and 940 °C with preliminary heating to 1060 °C and 800 °C. It was established that the phase composition is represented by O- and β-phase.

Key words: intermetallic alloy, Ti–21Al–23Nb, phase composition, structure, XRDA, cooling, β-phase, α₂-phase, Ti₂AlNb

Сплавы основе интерметаллида Ti₂AlNb являются перспективными жаропрочными сплавами с рабочими температурами до 700 °С [1]. Освоение производства изделий из этих сплавов требует контроля фазового и структурного состояния крупногабаритных полуфабрикатов в ходе термообработки, что связано с их низкой пластичностью. В работах [2; 3] проведено исследование охлаждения при

температурах 800, 850, 900, 950 °С, в которых показано, что более оптимальным является наличие ступени при температуре 800 °С. В работе проведено исследование структуры, фазового состава и твердости интерметаллидного сплава Ti–21Al–23Nb–1V (ат. %) при нагреве на температуры 920 и 940 °С с предварительным нагревом до температуры 1060 и 800 °С.

Материалом исследования стал сплав Ti–21Al–23Nb–1V (ат. %). Термообработка образцов производилась в лабораторной печи по следующему режиму: нагрев на температуру 1060 °С, выдержка 20 мин, охлаждение в печи до 800 °С, дальнейшей выдержке при этой температуре в течение 2 ч, закалка в воду (режим № 1), затем нагрев до 920 °С, выдержка при этой температуре в течение 1 ч (режим № 2), нагрев до 940 °С, выдержка при этой температуре в течение 1 ч (режим № 3). Для фиксации высокотемпературного состояния проводилась закалка в воду.

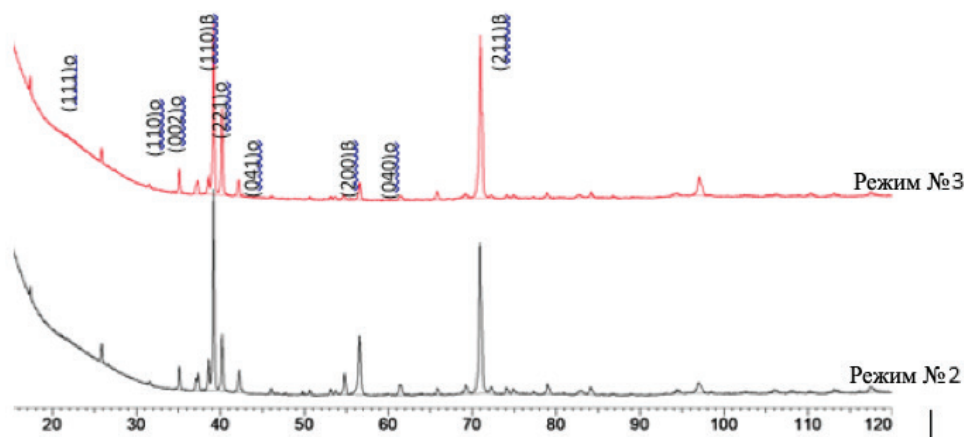


Рис. 1. Дифрактограмма рентгеноструктурного фазового анализа образцов сплава ВТИ- 4 после режимов термообработки № 2 и 3

После термообработки по режимам № 2 и 3 фазовый состав представлен О- и β-фазой. Период решетки β-фазы понижается в ходе нагрева на 920 и 940 °С (рис. 2, а). Это говорит о повышении удельного содержания алюминия в β-фазе, который имеет меньший размер атома, чем ниобий.

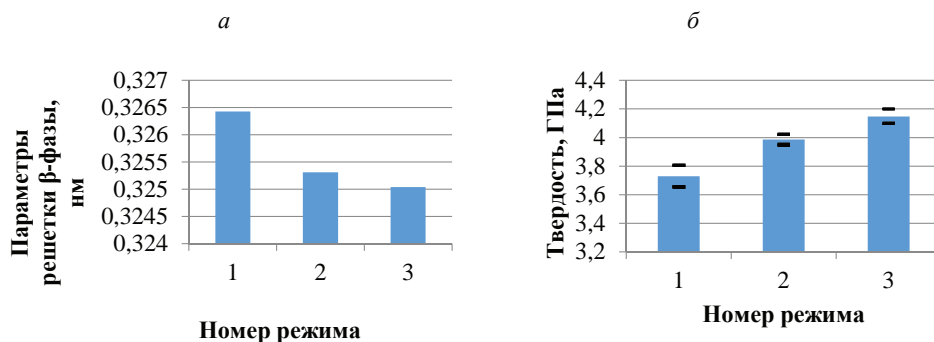


Рис. 2. Графики зависимости изменения решетки β -фазы сплава ВТИ-4: *a* — периода от режима термообработки; *б* — твердости от режима термообработки

Анализ изменения микроструктуры образцов в ходе дополнительного нагрева после ступени на 800 °С показал, что при нагреве и выдержке на 920 °С структура представлена крупнопластинчатой О-фазы и небольшим количеством β -фазы, образующейся при нагреве до 920 °С и находящейся в промежутках между пластинами. Микроструктура образцов после нагрева до 940 °С представлена более дисперсной пластинчатой О-фазой, в основном присутствующей в центре зерна. Твердость повышается, благодаря росту толщины пластин О-фазы и увеличению количества β -фазы, обогащенной по алюминию, что делает ее менее пластичной (рис. 2, *б*).

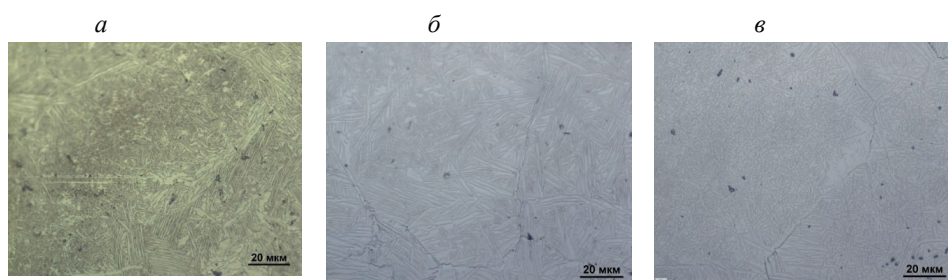


Рис. 3. Микроструктура образца сплава ВТИ-4 после различных режимов термообработки: *a* — режим № 1; *б* — режим № 2; *в* — режим № 3

Установлено, что введение дополнительного нагрева на температуры 920 и 940 °С и выдержка при данных температурах не приводит

к появлению количества α_2 -фазы, несмотря на то, что по данным работы [4] сплав должен находиться в трехфазной (α_2 +O+ β)-области. Нагрев на более высокие температуры, либо более длительные выдержки возможно и приведет к ее образованию, но при этом также увеличится газонасыщенный слой на поверхности полуфабриката, что неперспективно с точки зрения технологии.

Литература

1. Microstructure and mechanical properties of orthorhombic alloys in the Ti–Al–Nb system / A. K. Gogia [et al.]. Intermetallics, 1998. V. 6, Is. 7–8, P. 741–748.
2. Водолазский Ф. В., Демаков С. Л., Шабанов М. А. Исследование влияния режимов термической обработки на структуру, фазовый состав и твердость сплава Ti–21Al–23Nb–1V // Уральская школа молодых металлосведов. Материалы XIX Международной научно-технической Уральской школы-семинара молодых ученых — металлосведов. Екатеринбург : УрФУ, 2018. С. 220–224.
3. Демаков С. Л., Водолазский Ф. В., Калиенко М. С. Изменения структуры интерметаллидного сплава Ti–21Al–23Nb–0,7Zr–1,4V–0,4Mo–0,31Si при закалке в газовой среде // Физика металлов и металлосведение. 2018. Т. 119. № 12. С. 1243–1247.
4. The microstructural evolution in Ti-Al-Nb O+BCC orthorhombic alloys. Part 1 / C. J. Boehlert [et al.] // Met. Mater. Trans. A, 1999. V. 30A. N 10. P. 2305–2323.